

## **АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В СРЕДЕ ROCKWELL SOFTWARE ARENA**

### **Аннотация**

*В статье рассматриваются вопросы, связанные с исследованием результатов имитационного моделирования. Описываются особенности методики обучения студентов навыкам анализа статистических данных компьютерных экспериментов, а также элементы оптимизации экономических процессов.*

*Ключевые слова: моделирование; имитационная модель; визуализация знаний.*

### **Abstract**

*The article discusses issues related to the study of simulation results. Describes the techniques of teaching students the skills of statistical data analysis of computer experiments, as well as elements of the optimisation of economic processes.*

*Keywords: modeling; simulation model; visualization of knowledge.*

Моделирование исторически является одним из важнейших методов научного познания. С помощью моделей человек исследует окружающий его мир, управляет сложными системами, прогнозирует будущее. В учебном процессе моделирование - незаменимый инструмент исследования учебных и научных проблем, средство получения новых знаний, тренажа и формирования профессиональных навыков.

Имитационное моделирование является разновидностью математического компьютерного моделирования. Возможность имитационной среды воспроизводить случайные явления и величины позволяет сделать имитационные модели более похожими на реальные системы по сравнению с аналоговыми. Особую ценность представляет исследование поведения сложных систем в динамике, прогнозирование поведения системы в нетривиальных ситуациях. Отследить характеристики функционирования системы в различные временные периоды можно с помощью отчетов, которые формируют программы-имитаторы. К сожалению, наличие множества различных данных в статистической отчетности имитаторов не гарантирует понимание этих данных студентами, не смотря на то, что именно результаты моделирования при качественном анализе могут быть базой для принятия важных управленческих решений, поэтому формирование навыков анализа и корректной интерпретации данных компьютерного эксперимента является важной учебной задачей.

Профессиональная подготовка бакалавров направления 38.03.05 «Бизнес- информатика» включает ряд дисциплин, связанных с моделированием: «Моделирование бизнес-процессов», «Исследование операций», «Имитационное моделирование». С обозначенной проблемой напрямую связаны такие курсы, как: «Анализ данных», «Теория вероятностей и математическая статистика». Эти дисциплины должны формировать у студентов такие компетенции: использование основных методов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности для теоретического и экспериментального исследования; использование математического аппарата и инструментальных средств для обработки, анализа и систематизации информации. Данные компетенции являются важнейшими для становления профессиональных качеств личности молодого исследователя. Применение навыков анализа данных лежит в основе любой научной работы.

Рассмотрим особенности методики формирования этих компетенций на примере дисциплины «Имитационное моделирование», которая является обязательной дисциплиной вариативной части образовательной программы подготовки бакалавров бизнес-информатики.

Теоретическая часть курса содержит обсуждение таких разделов:

- методы моделирования бизнес-процессов;
- структурный анализ и исследование экономических систем;
- модели управления ресурсами предприятия;
- программные средства имитационного моделирования;
- имитация и оптимизация бизнес-процессов экономических систем;
- моделирование систем массового обслуживания;
- динамические модели непрерывных процессов.

На лекциях, которые проходят в форме интерактивных презентаций, рассматриваются возможности метода имитационного моделирования в сравнении с другими методологиями анализа бизнес-процессов. Студенты изучают этапы разработки имитационных моделей, осваивают математический аппарат, лежащий в основе анализа систем массового обслуживания, моделей управления ресурсами и динамических систем. Большое внимание уделяется и успешным разработкам на основе имитационных моделей, которые были реализованы на предприятиях, в банках, транспортных системах. Подробно изучаются готовые модели-имитаторы для различных экономических систем: Call-центров, станций скорой помощи, производственных линий, малых предприятий.

На практике студенты создают имитационные модели бизнес-процессов в программе Arena, разработанной компанией Rockwell Automation. Академическая версия программы обладает богатым функционалом для решения множества учебных задач, связанных с созданием имитационных моделей бизнес-процессов. Arena позволяет разрабатывать имитационные модели с помощью построения логики событий и процессов на основе готовых блоков. Новичок может достаточно быстро научиться создавать простые модели, соединяя и настраивая параметры основных узлов модели. Настройка анимации для процессов и ресурсов позволяет студентам реально увидеть в готовой модели как работает система, есть ли в ней очереди, простои, насколько задействованы ресурсы. Освоить возможности программы помогает библиотека, содержащая более двухсот учебных моделей с комментариями и примерами задач. Для разработки моделей по-настоящему сложных систем в программе Arena есть мощные средства, такие как язык моделирования SIMAN и объектно-ориентированная среда Visual Basic, с помощью которых и профессиональные программисты могут создавать самые разные приложения для компьютерного моделирования.

На лабораторных занятиях по курсу «Имитационное моделирование» студенты учатся создавать имитационные модели бизнес-процессов. Разработка таких моделей развивает логическое мышление студентов, формирует навыки синтеза и анализа сложных систем, формирует профессиональные компетенции будущего ИТ-специалиста. Содержание лабораторных работ, которые выполняют студенты, часто представляет собой инструкцию по выполнению определенных действий для получения конечного результата. Для возможности перехода с репродуктивного уровня учебной деятельности к исследовательскому, обучаемый должен знать не только цель работы, методы и средства ее достижения, но и допустимый диапазон значений результатов моделирования, который он должен получить. Изучая числовые данные отчетов модели, которые в принципе уже прошли первичную статистическую обработку, студенты не осознают, что значат эти цифры, как они характеризуют процессы, протекающие в системе, не могут оценить эффективно ли работает система, нужно ли ее оптимизировать.

Как правило, на занятиях со студентами педагоги формулируют цель работы, описывают методы и средства ее достижения, а с методами анализа результатов возникает масса проблем. Во-первых, студенты не умеют выбирать критерии эффективности функционирования экономической системы. Во-вторых, они испытывают трудности со сравнением альтернативных режимов работы изучаемой системы. В-третьих, практически не имеют опыта

применения статистических методов анализа данных для оценки адекватности и достоверности результатов моделирования.

Рассмотрим, для примера, учебную задачу. В производственном цехе работают три типа станков. В цех поступают детали два вида деталей А и В. Деталь А обрабатывается на станке 1-го типа и станке 3-го типа. Деталь В на станке 2-го типа и станке 3-го типа. Вероятностные распределения времени поступления деталей и времени их обработки также известны и заданы. Провести моделирование работы цеха в течение суток. Определить оптимальное количество станков каждого типа.

На первом этапе студенты создают логику модели, настраивают вероятностные распределения, параметры каждого узла, определяют длительность моделирования и количество репликаций. После этого выполняют коррекцию модели, исправляют ошибки и запускают имитационный эксперимент, если программа работает правильно, то выполняется настройка анимации ресурсов и сущностей, в противном случае модель дорабатывается. В результате получается имитационная модель производственной системы рис. 1.

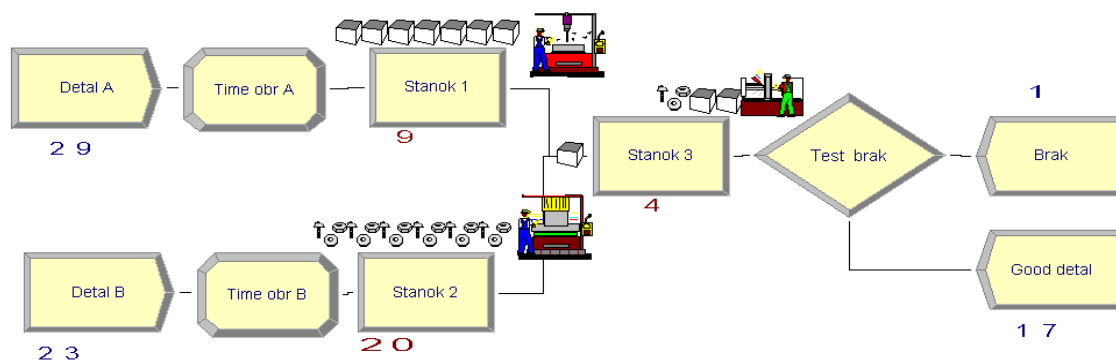


Рис. 1. Имитационная модель работы цеха

Как правило, создание учебной имитационной модели не вызывает больших трудностей у студентов. Особые сложности возникают тогда, когда требуется оценить эффективность работы системы. Понимание и адекватная интерпретация параметров имитационного эксперимента является узким местом в учебной деятельности студентов, поэтому при решении подобных задач мы уделяем особое внимание анализу результатов моделирования. Программа Arena после выполнения имитации автоматически генерирует многостраничный отчет со всеми числовыми характеристиками работы модели (рис. 2, 3). Изучение и анализ этих отчетов занимает у студентов не меньше времени, чем разработка и настройка модели. Оформление результатов отчетности студенты выполняют в табличном процессоре Microsoft Excel. Отчеты в Arena позволяют увидеть на первой же странице общие доли стоимости работы и простоя ресурсов системы, а также количество обработанных транзактов. Эти сведения являются первичными индикаторами для студентов, поскольку доля простоев системы (Idle Cost) представлена на круговой диаграмме в красном цвете. Чем больше вес этой части диаграммы, тем хуже работает система.

Другие критерии эффективности системы обсуждаются в процессе прогона модели. Как правило, для каждой учебной задачи выбирается не более семи критериев, которые студенты должны найти в отчете, оценить и, иногда, еще дополнительно рассчитать, именно поэтому отчеты создаются в электронной таблице. Например, в задачах часто требуется определить производительность бизнес-процесса или процент обработанных транзактов. В этом случае надо в отчете выбрать вкладку «Entities» - сущность, найти для параметра «Other» значения «Number In» и «Number Out», определить отношение количества вышедших «Number Out» к количеству вошедших «Number In» сущностей и выразить его в процентах. Немаловажным является и исследование стоимостных характеристик процессов, таких как общие затраты системы, заработная плата сотрудников, стоимость работы и простоя ресурсов и других. В качестве примера таблицы для исследования эффективности функционирования производственной системы можно привести табл. 2.

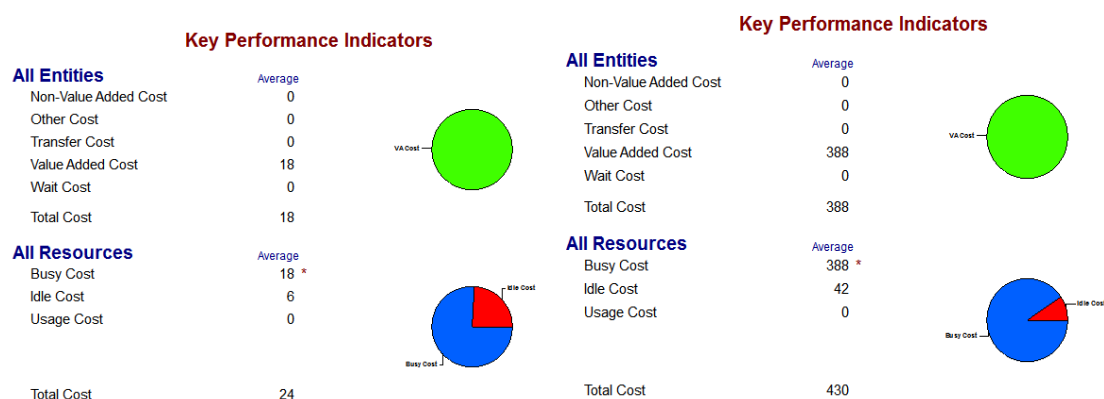


Рис. 2. Отчет о стоимости работы ресурсов системы для первого (ST1-1, ST2-1, ST3-1) и последнего вариантов (ST1-4, ST2-4, ST3-3)

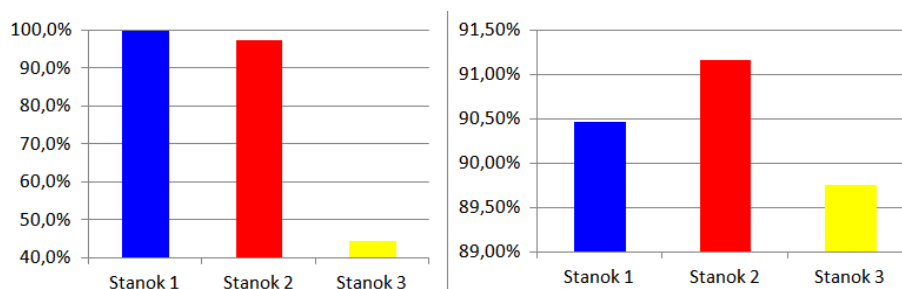


Рис. 3. Коэффициенты занятости станков Sheduled Utilization для первого и оптимального вариантов

Студенты выполняют прогоны модели с различными количествами станков и заполняют в таблицу данные из отчетов Арены. Они анализируют характеристики каждого прогона и подбирают оптимальное количество станков, опираясь на данные о простое системы, пытаются его уменьшить. Обращают внимание на занятость станков и очереди, а также следят, чтобы процент обработанных деталей стремился к 100%. В последнем столбце таблицы приведен оптимальный вариант решения для данной задачи.

Таблица 1

Результаты анализа					
Количество станков	ST <sub>1</sub> -1, ST <sub>2</sub> -1, ST <sub>3</sub> -1	ST <sub>1</sub> -2, ST <sub>2</sub> -2, ST <sub>3</sub> -2	ST <sub>1</sub> -4, ST <sub>2</sub> -3, ST <sub>3</sub> -2	ST <sub>1</sub> -4, ST <sub>2</sub> -3, ST <sub>3</sub> -3	ST <sub>1</sub> -4, ST <sub>2</sub> -4, ST <sub>3</sub> -3
Коэф. зан. 1 станка	100%	99%	84%	97%	90%
Коэф. зан. 2. станка	97%	95%	86%	94%	91%
Коэф. зан. 3. станка	44%	62%	97%	82%	90%
Обр. деталей А, в %	18,8%	43%	70%	95%	96%
Обр. деталей В, в %	17,6%	42%	56%	74%	90%
Простой системы, в %	22%	17%	13%	9%	10%
Макс. длина очереди	94	66	39	16	13

### Список использованных источников

1. Гусева Е.Н. Применение имитационных моделей для решения экономических задач оптимизации / Гусева Е.Н., Т.Н. Варфоломеева // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. С. 200.
2. Гусева Е.Н. Имитационное моделирование социально-экономических процессов. – Магнитогорск: изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2015. – 25 с.

3. Гусева Е.Н. Методика преподавания дисциплины «Имитационное моделирование» у бакалавров прикладной информатики // Электротехнические системы и комплексы. 2015. № 1. С. 48–51.

4. Гусева Е.Н. Моделирование макроэкономических процессов: учеб. пособ.: [электронный ресурс] / Е. Н. Гусева. – М.: Флинта, 2014. – 214 с. – Режим доступа: <http://www.ozon.ru/context/detail/id/28975354/>

5. Гусева Е.Н. Математические основы информатики / Е.Н. Гусева, И.И. Боброва, И.Ю. Ефимова, И.Н. Мовчан, С.А. Повитухин, Л.А. Савельева. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2016. – 234 с.

УДК 004.896

**А. М. Джамбеков**

ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет»,  
г. Астрахань, Россия

## **ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМАМИ ТИПА «ПРОЦЕСС» В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ**

### **Аннотация**

*Проанализированы достоинства системного анализа при анализе и управлении технологическими установками. Сформулирована задача управления системами типа «процесс» в условиях неопределенности. Выделены задачи, возникающие при управлении системами типа «процесс»: минимизация затрат при управлении системой и максимизация качества продукции. Выбраны соответствующие критерии управления системами типа «процесс»: затраты и качество продукции. Определена необходимость учета производственно-технологических ситуаций, возникающих в системах типа «процесс»: неполадки, отказы, аварийные ситуации и пр. Описана задача управления системами типа «процесс» на основе подхода, обеспечивающего компромиссное решение между повышением качества продукции и снижением затрат. Для включения производственно-технологических ситуаций в модель управления системы типа «процесс» предложено использование нечеткой ситуационной сети. Выполнена математическая постановка задачи управления системами типа «процесс».*

*Ключевые слова: система типа «процесс», технологическая установка, производственно-технологические системы, нечеткая ситуационная сеть, комплексный критерий эффективности.*

### **Abstract**

*We analyzed the system analysis dignity in the analysis and management of technological installations. It formulated the task of managing systems such as "process" in the face of uncertainty. Allocated tasks involved in the management of systems such as "process": to minimize the costs for operating the system and maximize product quality. Select the appropriate systems management criteria such as "process": costs and product quality. The necessity of taking into account production and technological situations in the type of "process" system: problems, failures, accidents, etc. describe the task management systems such as "process" based approach that provides a compromise between increasing product quality and reducing costs. To enable the production and technological situations in systems management model of the "process" has been proposed to use fuzzy situational network. A mathematical formulation of control problems for systems such as "process".*

*Keywords: the system of the "process", process plant, production and processing systems, fuzzy situational network integrated efficiency criterion.*